

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



101 10 659.9

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 101 10 659.9

**Anmeldetag:** 06. März 2001

**Anmelder/Inhaber:** Dipl.-Ing. Heribert Vogel,  
71711 Steinheim/DE

**Bezeichnung:** Ultraleichter, fernsteuerbarer Helicopter

**IPC:** A 63 H 27/133

Die Akte dieser Patentanmeldung ist ohne vorherige Offenlegung vernichtet worden.

München, den 3. August 2006  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stark

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY  
ORGANIZATION

世界知识产权组织

ORGANIZACIÓN MUNDIAL  
DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL



ORGANISATION MONDIALE  
DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE


المنظمة العالمية للملكية الفكرية

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

CERTIFICATION

It is hereby certified that the attached copy is a true copy of the certified copy of Germany patent application no. DE 101 10 659.9, filed on 6 March 2001 (06.03.2001), which certified copy was established by the German Patent and Trade Mark Office and transmitted to the International Bureau under PCT Rule 17.1.

By: The International Bureau

  
Matthias Reischle  
Head  
PCT Legal Affairs Section  
PCT Legal Division



Date: 11 September 2006 (11.09.2006)

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

REC'D 13 MAY 2002

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:** 101 10 659.9**Anmeldetag:** 6. März 2001**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**Anmelder/Inhaber:** Heribert V o g e l, Steinheim an der Murr/DE**Bezeichnung:** Ultraleichter fernsteuerbarer Modellhelikopter**IPC:** A 63 H 27/133**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 15. März 2002  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Johannsen

# Ultraleichter fernsteuerbarer Modellhelikopter

**Erfinder:**  
Heribert Vogel  
Mozartstr. 1/1  
71711 Steinheim  
Tel. 07144-890272

Die Erfindung betrifft einen fernsteuerbaren Helikopter, der mit wesentlichen neuen Merkmalen ausgestattet ist, die eine besonders leichtgewichtige, mit derzeitig erhältlichen Antriebsmotoren nur wenige Gramm schwere und dennoch zuverlässige und belastbare Ausführung ermöglichen. Durch modularen Aufbau kann der Helikopter außerdem leicht zu anderen Varianten umgerüstet werden.

Bisherige Ausführungen von Modellhelikoptern sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Der Antriebs sowie Nick-/Roll des Hauptrotors werden über ein komplexes Gestänge, das an Servomotoren angeschlossen ist
- gesteuert.
- Beim Heckrotor sind zwei alternative Ausführungen gängig:
  - a) Verbindung des Heckrotors mit dem Hauptantrieb über ein Servomotor gesteuertes Getriebe, optionale Kupplung und eine Abtriebswelle oder
  - b) Heckrotor ist an einen separaten Motor angeschlossen.

Die Variante a) wird vorzugsweise bei Verbrennungsmotoren als Hauptantrieb verwendet. Ein zweiter, nur für den Heckantrieb bestimmter Verbrennungsmotor wäre dort zu schwer, ein Elektromotor würde einen aufwendigen Generator oder schwere Akkus benötigen.

Die zweite Variante findet Einsatz bei elektrisch angetriebenen Modellen, weil als Antrieb für den Heckrotor wegen der geringen benötigten Leistung derzeit nur Elektromotoren infrage kommen.

- Das Gyro-System zur Regelung des Heckrotorschubs (bzw. weiterer Raumachsen wie z.B. Nick oder Roll) und damit der
- Stabilisierung um die Hauptrotorwelle ist ein separates System in eigenem Gehäuse, das an das Gesamtsystem angeschlossen werden kann.

Die beschriebene konstruktive Ausführung hat zur Folge, dass herkömmliche Konstruktionen relativ schwergewichtig sind, weil sie neben den genannten konstruktiven Merkmalen besonders hinsichtlich Steifheit und Festigkeit optimiert sind um einen eventuellen Absturz zu überstehen ohne größeren Schaden zu nehmen. Jedes Mehrgewicht benötigt wiederum stärkere und dadurch notwendigerweise wiederum schwerere Motoren und deren Energieversorgung, wie z.B. Akkus.

Die Vorgaben des Standes der Technik führen dazu, dass es bisher kein gewerbliches Angebot von Modellhelikoptern gibt mit < 200 Gramm. Die Helikopter, die diese Grenze erreichen basieren noch auf herkömmlicher Technologie und werden oft als Indoor-Helikopter angeboten. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass vor allem Fluganfänger Probleme haben, das Modell in Zimmerräumen

erfolgreich zu steuern, daher sind mit Indoor eher Hallenräume gemeint. Bei Abstürzen nimmt das Modell trotz robuster Bauweise oftmals Schaden. Grund hierfür ist das immer noch recht hohe Gewicht und die damit verbundenen Trägheitskräfte des Modellhelikopters.

Es sind zwar einzelne Prototypen von Modellhelikoptern bekannt, die bis zu 40-50 Gramm leicht sind, jedoch basieren auch diese

Prototypen auf herkömmlicher Technologie und sind daher entsprechend aufwendig herzustellen und werden nicht gewerblich angeboten.

Daher zeichnet sich die hier beschriebene Erfindung des Modellhelikopters durch Leichtbauweise, voll digital wirkende Stellglieder und neuartige Konzepte für den integrierten konstruktiven Aufbau aus. Dies ermöglicht eine wirtschaftliche Herstellbarkeit von Modellhelikoptern, die um ca. den Faktor 10-20 leichtgewichtiger sind als auf herkömmlicher Technologie basierende Modellhelikopter bei gleichen oder geringeren Herstellkosten. Durch die geringen Abmessungen der Bauteile, die durch die Erfindung möglich werden, werden die bei Abstürzen oftmals zerstörerisch wirkenden Biegemomente im Verhältnis zur Festigkeit der Bauteile wesentlich geringer, so dass die auf der Erfindung basierenden Modelle mindestens ebenso robust sind, wie die auf herkömmlicher Technologie aufbauenden Modellhelikopter. Das geringere Gewicht führt auch dazu, dass die in den Rotoren während des Betriebs gespeicherte Energie und damit Verletzungs- bzw. Schadensgefahr wesentlich geringer ist als bei herkömmlichen, deutlich schwereren Modellhelikoptern.

Die Erfindung unterscheidet sich vom Stand der Technik durch mindestens eines der folgenden Merkmale:

1. Volldigitale Ansteuerung des Hauptrotors über Magnetschieber
2. Volldigitale Ansteuerung des Heckrotors über digital angesteuerte Kupplungselemente
3. Vollintegriertes elektromechanisches Gyro-System
4. Neu konzipiertes nach dem Feder-Dämpfer-Prinzip funktionierendes Landegestell mit integrierter Klemmvorrichtung für den Helikopter - Aufbau.
5. Völlige Integration aller für die in 1., 2. und 3. genannten Funktionen notwendigen Stellglieder und Meß-Bausteine auf eine Platine, die sich zwischen Landegestell und Aufbau klemmen läßt und selbst tragende Funktionen ausübt.

#### 1. Beschreibung der volldigitalen Ansteuerung des Hauptrotors über Magnetschieber

Im folgenden werden 2 verschiedene Ausführungen volldigitaler Ansteuerungen des Hauptrotors erläutert. Zu jeder dieser Ausführungen wird zusätzlich eine Variante dargestellt und die Realisierung der Variante in der Gesamtkonstruktion der Erfindung.

##### Ausführung 1

Um den Auftrieb des Hauptrotors variabel zu steuern (Pitch, Nick + Roll), wird in herkömmlichen Hauptrotorsteuerungen eine variable Steuerung des Anstellwinkels der Rotorblätter über Servomotoren, Taumelscheibe, Hillerpaddel usw. erreicht. Um eine besondere Leichtbauweise zu ermöglichen wurde eine Direktansteuerung der Rotorblätter entwickelt, die nur wenige mechanische Komponenten benötigt und wie folgt funktioniert, s. Fig. 1a:

An der Hauptrotorplatte (3), die mit der gelagerten Hauptrotorachse (8) verbunden ist, sind zwei über Abgreifkontakte elektrisch angeschlossene Spule (6) symmetrisch zur Hauptrotorachse befestigt. Ebenfalls an der Hauptrotorplatte befestigt sind zwei Drehlager (2) in denen jeweils ein Verbindungswinkel (1) gelagert ist, an dessen entgegengesetzten Enden ein Permanentmagnet (5) und ein Rotorblatt (4) befestigt sind. Der Permanentmagnet ist so angeordnet, daß ein Gleichstrom (7) durch die Spulen zu einer Auslenkung des Verbindungswinkels und damit einem veränderten Anströmwinkel

der Rotorblätter führt. Durch den veränderten Anströmwinkel ändert sich auch die Geschwindigkeit der durch die Rotorblätter

nach unten bzw. oben beschleunigten Luft und damit der Auftrieb der Konstruktion. Wird der Spulenstrom wieder unterbrochen, dann wirken durch die Zentrifugalkraft des Verbindungswinkels und des daran befestigten Permanentmagneten

sowie durch die an den Rotorblättern angreifenden Kräfte zur Beschleunigung der Luft der Auslenkung entgegen, so daß der Verbindungswinkel wieder in eine Nulllage zurückgestellt wird. Ein Überschwingen wird durch die dämpfenden Eigenschaften der Rotorblätter weitgehend verhindert. Durch Anbringen eines dämpfenden, jedoch flexiblen Anschlags (9) an der Hauptrotorplatte unterhalb des Verbindungswinkels kann das Überschwingen praktisch vollständig verhindert werden.

Dieser Aufbau läßt sich folgendermaßen zur Hauptrotorsteuerung ausnutzen:

Durch Anlegen eines Gleichstroms an die Spulen (6) kann die Auslenkung der Rotorblätter permanent verändert werden und damit der Betrag des zur Hauptrotorachse coaxialen Auftriebs (Pitch). Durch Anlegen einer Wechselspannung, deren Periode synchronisiert ist mit der Drehzahl der Hauptrotorachse kann ein konstanter Auftriebsvektor erzeugt werden, der nicht mehr coaxial ist zur Hauptrotorachse, sondern der aus einem coaxialen Auftriebsanteil (Pitch) besteht und einem dazu

senkrechten Seitenantrieb (Nick + Roll). Hierdurch erhält die Konstruktion dieselben Bewegungsfreiheitsgrade wie herkömmliche Hauptrotorsteuerungen ist jedoch durch die direkte Ansteuerung wesentlich weniger träge und damit schneller ansteuerbar als Servo-basierte Rotorsteuersysteme.

Impulsfolgen zur Ansteuerung, s. Fig. 1b, I + II:

**Pitch-Ansteuerung:** wird erreicht durch eine gleichmäßige Impulsfolge, Fig 1b I auf beide Rotorblätter. Um einen ruhigen, schwingungsarmen Lauf zu erhalten, sollte die Impulsfolge eine Periodendauer haben, die klein ist gegenüber der Zeit, die benötigt wird, um ein Rotorblatt von Ruhe-/Normalstellung auf Maximal-Pitch und zurück zur Ruhe-/Normalstellung zu bewegen.

**Nick/Roll-Ansteuerung:** wird erreicht, indem die beiden Rotorblätter gleichzeitig zu einem bestimmten Zeitpunkt innerhalb der

Periodendauer des Hauptrotors immer wieder mit gegenpoligen Impulsen beaufschlagt werden, s. Fig 1b II. Die Länge dieser

Impulse bestimmt die Stärke der Nick/Roll-Kräfte. Um Pitch und Nick/Roll-Ansteuerung gleichzeitig zu erreichen, sollten die Pitch bzw. Nick/Roll-Impulse nicht einfach mit Nick/Roll-Priorität überlagert werden, weil es dadurch zu Wechselwirkungen zwischen Pitch und Nick/Roll kommt. Dies rührt daher, daß bei dem Rotorblatt, bei dem Pitch- und Nick/Roll Impulse gleichgerichtet sind die Nick/Roll-Wirkung wesentlich geringer ist, als bei dem Rotorblatt, bei dem Pitch und Nick/Roll-Impuls entgegengesetzt sind. Um maximale Nick/Roll-Steuerfähigkeit zu bewahren und doch unabhängige Pitch und Nick/Roll Ansteuerung zu erhalten, muß die Impulsfolge für den Pitch so verändert sein, daß bei Zugabe von Nick/Roll-Impulsen der Vertikalauftrieb konstant bleibt. Dies kann relativ einfach erreicht werden durch Verlängerung der Pitch Impulse auf die Rotorblätter, s. gestrichelte Kurve (1) in Fig. 1b II.

Variante, s. Fig. 1c:

Um fehleranfällige Schleifkontakte zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zu den Spulen (6) zu vermeiden, werden die Spulen verlagert in den nichtrotierenden Teil des Helikopters. Die Verbindung zwischen den Rotorblättern (4) und den Permanentmagneten (5) geschieht hierbei über Verbindungswinkel (1), Ösen (10) und Stößelstangen (11), an denen die Permanentmagnete befestigt sind. Die durch die Stößelstange über die Öse in den Verbindungswinkel eingeleitete vertikale Kraft führt zu der bereits beschriebenen Auslenkung des Verbindungswinkels und dem dort beschriebenen Steuerungsverhalten. Die Rückstellung der Rotorblätter wird sichergestellt indem das Gewicht des praktisch in die Drehachse gelegten Permanentmagneten ersetzt wird durch Gewichte (12).

4

Eine Realisierungsmöglichkeit dieser Variante ist in Fig. 1d dargestellt: Die beiden Permanentmagneten (5a, 5b) sind an ihren Enden zweier ineinander leichtgängig verschiebbaren Stößelstangen (11a, 11b) befestigt. Die dünne Stößelstange (11b) wird durch magnetische Kraft angetrieben durch den an ihrem Ende befestigten Permanentmagneten (5b), indem durch die Spule (6b), die koradial zum Gleitlager (15b) angeordnet ist, ein Strom fließt. Dies gilt analog für die dickere, als Rohr ausgeführte Stößelstange (11a), die die dünnere Stößelstange in axiale Richtung führt. Wesentliche Vorteile dieser Konstruktion sind, daß die Lagerung und die Krafteinleitung in die Permanentmagnete in derselben Ebene erfolgen kann, was erhebliche Kostenvorteile bei der Realisierung der Konstruktion ergibt. Die Anordnung der Stößelstangen ist frei von parasitären Zentrifugalkräften, die aufwendig durch Gegengewichte neutralisiert werden müßten. Durch Wahl eines genügend großen Abstands zwischen den Lagern ist es zudem einfach die magnetische Wirkung der Spulen zu entkoppeln.

#### Ausführung 2

Eine einfacher zu realisierende Variante der Hauptrotorsteuerung, die jedoch über Nick/Roll-Steuermöglichkeit verfügt wird im folgenden beschrieben, s. Fig. 1e.

An der Hauptrotorplatte (3), die mit der Hauptrotorachse (8) verbunden ist, ist eine über Abgreifkontakte elektrisch angeschlossene Spule (6) befestigt. Ebenfalls an der Hauptrotorplatte befestigt sind zwei Drehlager (2) in denen genau ein Verbindungswinkel (1) gelagert ist, der die beiden Rotorblätter (4) starr miteinander verbindet und an dessen Querauslagerenden ein Permanentmagnet (5) und ein Gegengewicht (14) angebracht sind. Der Permanentmagnet ist so angeordnet, daß ein Gleichstrom (7) durch die Spule (6) zu einer Auslenkung des Verbindungswinkels und damit einem veränderten Anströmwinkel der Rotorblätter führt. Anders als bei Ausführung 1 werden jedoch die Rotorblätter immer gegensinnig ausgelenkt. Wird der Spulenstrom wieder unterbrochen, dann wirken durch die Zentrifugalkraft des Verbindungswinkels und des daran befestigten Permanentmagneten und des Gegengewichts der Auslenkung entgegen, so daß der Verbindungswinkel wieder in eine Nulllage zurückgestellt wird. Durch Anbringen eines festen, nichtfedernden Anschlags (9) an der Hauptrotorplatte unterhalb des Verbindungswinkels kann das Überspringen praktisch vollständig verhindert werden.

Dieses Prinzip läßt sich folgendermaßen zur Hauptrotorsteuerung ausnutzen: Durch Anlegen einer Wechselspannung, deren Periode synchronisiert ist mit der Drehzahl der Hauptrotorachse kann ein Kraftvektor erzeugt werden, der nicht coaxial ist zur Hauptrotorachse.

Die Ausführung 2 ist eine erheblich vereinfachte Variante von Ausführung 1. Statt die Ansteuerung von Pitch und Nick/Roll ermöglicht diese Ausführung nur die Nick/Roll Ansteuerung der Rotorblätter. Daher setzt diese Variante voraus, daß die Blattgeometrie der Rotorblätter je nach Drehzahl einen bestimmten Auftrieb erzeugt und damit einem festen Pitch entspricht.

#### Impulsfolge zur Ansteuerung

Es gilt die Beschreibung für Nick/Roll Ansteuerung der Impulsfolge zur Ansteuerung von Ausführung 1. siehe Fig. 1b I. Da keine Überlagerung mit Pitch-Impulsen vorkommt ist eine Impulskorrektur wie in Ausführung 1 beschrieben nicht notwendig.

#### Variante, s. Fig. 1f:

Um fehleranfällige Schleifkontakte zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zu den Spulen (6) zu vermeiden, wird die Spule verlagert in den nichtrotierenden Teil des Helikopters. Die Verbindung zwischen den Rotorblättern (4) und den Permanentmagneten (5) geschieht hierbei über Verbindungswinkel (1), Öse (10) und Stößelstange (11), an der der Permanentmagnet befestigt sind. Die durch die Stößelstange über die Öse in den Verbindungswinkel eingeleitete vertikale Kraft führt zu der bereits beschriebenen Auslenkung des Verbindungswinkels und dem dort beschriebenen Steuerungsverhalten. Die Rückstellung der Rotorblätter wird sichergestellt indem das Gewicht des praktisch in die Drehachse gelegten Permanentmagneten ersetzt wird durch Gewichte (12). Die Dämpfung des Dämpfungselements kann verstärkt werden, indem eines der Gegengewichte (12) zur Beseitigung der Unwucht der Hauptrotorplatte (3) befestigt wird und nicht am Verbindungswinkel. Dies führt dazu, daß in den Drehlagern (2) durch die nichtausgeglichene Zentrifugalkraft des einzelnen Gewichts erhöhte Lagerreibung auftritt, die einen dämpfenden Effekt in bezug auf die Auslenkung der Rotorblätter ausübt. Allerdings führt dies auch zu erhöhter Lagerreibung und damit erhöhtem Verschleiß der Lager (2).

Die Realisierungsmöglichkeit dieser Variante entspricht der in Fig. 1d dargestellten, wobei wahlweise eine der Stößelstangen mit zugehöriger Permanentmagnet/Spule Anordnung entfällt.

#### 2. Beschreibung der volligitalen Ansteuerung des Heckrotors über digital angesteuerte Kupplungselemente

Der hier vorgestellte Heckrotorantrieb basiert auf dem Prinzip der elektromechanischen Kupplung, s. Fig. 2. Dabei wird die Kraft von einem aus einem Elektromotor (14) über das aus den Zahnrädern (13) und (2) bestehende Getriebe auf die die Hauptrotorwelle (1) und damit auf den Hauptrotor (12) übertragen. Das auf der Hauptrotorwelle angebrachte, an seiner Unterseite ebene Zahnrad (2) dient als Laufräderfläche für ein axial an der elastischen Heckrotorwelle (4) angebrachtes Laufrad (6). Die vom Zahnrad an das Laufrad übertragene Leistung kann reguliert werden, indem die Andruckkraft über den über die Spule (5) und den Permanentmagneten (9) betriebenen Hebel (8) durch unterschiedlich lange Stromimpulse (7) variiert wird. Dabei erfolgt die Rückstellung des Laufrades nach jedem Impuls durch die Rückstellkraft der elastischen Heckrotorwelle. Durch ein genügend weit vom Laufrad angebrachtes Festlager (10) der Heckrotorwelle, können die elastischen Rückstellkräfte so eingestellt werden, daß einerseits genügend Kraft als Rückstellkraft zur Verfügung steht um das Laufrad wieder in die Ursprungsposition zu überführen, andererseits die Rückstellkraft klein genug gehalten werden um von der Hebelvorrichtung überwunden zu werden. Optional gibt es noch die Möglichkeit der Schubumkehr des Heckrotors, indem ein zweites Laufrad (3) an die Hauptrotorwelle angebracht wird, so daß je nach Impulsfolge das Laufrad entweder durch das obere, Zahnrad oder das untere Laufrad angetrieben wird oder in einer inaktiven Mittelstellung verharrt.

#### 3. Beschreibung des vollintegrierten elektromechanischen Gyro-Systems

5

Der neu entwickelte Lageregel funktioniert nach dem Prinzip der Massenträgheit, s. Fig. 3. Die Meßgröße wird dabei induktiv erfaßt. Es wird ein möglichst reibungsarm auf der Drehachse (2) gelagerter Rotor (1), dessen Schwerpunkt durch Ausstärken mit einem Gegengewicht (6) auf der Drehachse liegt, an einem Ende mit magnetisierbarem Material (3), z.B. Ferrit, versehen. Das magnetisierbare Material wird direkt über eine Spule (4), die an demselben Rahmen befestigt ist wie auch die Drehachse des Rotors, in Nulllage positioniert. Bei Änderungen der Winkellage des Rotors um die Drehachse ändert sich die Induktivität der Spule. Durch sukzessive Induktionsmessungen in der Auswertelektronik (5) können nun Abweichungen von der Nulllage festgestellt werden. Wird dieses System in den Modellhelikopter eingebaut und sind die Ebene in der sich Hauptrotor und Rotors (1) des Gyro-Systems bewegen parallel, dann entspricht die Auslenkung des Rotors (1) aus der Ruhelage einer absoluten Winkeländerung des Helikopters in der Ebene des Hauptrotors und kann als Meßgröße für einen Heckrotorregler herangezogen werden.

Die Spule (4) hat noch eine weitere Funktion zu erfüllen: möchte der Anwender den Modellhelikopter während des Fluges um die Hauptrotorachse drehen, darf diese Vorgabe nicht weggeregelt werden. Stattdessen muß die Auslenkung des Rotors (1) des Gyro-Systems um die Drehachse (2) verhindert werden. Dies geschieht, indem man einen Gleichstrom durch die Spule (4) fließen läßt, der im magnetisierbaren Material (3) eine Kraft induziert, die den Rotor (1) magnetisch über der Spule fixiert.

Dieses Gyro-System läßt sich anders als marktübliche Gyrossysteme sehr leicht in den Aufbau eines Modellhelikopters integrieren, s. auch Abschnitt 5.

#### 4. Beschreibung des neu konzipierten nach dem Feder-Dämpfer-Prinzip funktionierenden Landegestells mit integrierter Klemmvorrichtung für den Helikopter – Aufbau

Das hier vorgestellte Landegestell zeichnet sich vor allem durch sehr hohes Stoßabsorptionsvermögen bei geringem Gewicht und einfacher Herstellbarkeit aus. Zusätzlich dient das Landegestell auch als Einspannvorrichtung für den Aufbau/Rahmen des Helikopters, an dem alle weiteren funktionalen Elemente des Modellhelikopters angebracht sind.

Die beiden Kufen (5) sind über Kufenhalterungen (4) und elastische Federelemente (1), (3) wie in Fig. 4a dargestellt über eine Platte (6) zu einem Schlitten verbunden. Dabei ist die Platte entweder an der Oberseite des vorderen und hinteren Federelements (1) z.B. durch Verkleben angebracht oder an der Unterseite des vorderen und hinteren Federelements (3). Zwischen den vorderen bzw. hinteren Federelementen kann dämpfendes Material (2) angebracht sein.

Fig. 4b I zeigt das Landegestell im unbelasteten Zustand. Die paarweise übereinander liegenden Federelemente liegen eng aneinander. Fig. 4b II zeigt das Landegestell, das mit einer Kraft belastet wird. Die Kufen spreizen sich, die übereinanderliegenden Federelemente gehen auf Distanz. Bei richtiger Dimensionierung kann der entstandene Spalt verwendet werden, um die Halteplatte des Helikopteraufbaus aufzunehmen, s. Fig. 4c I. Nach Entlastung des Landegestells sind die Haltelaschen zwischen den Federelementen eingeklemmt. Die in Fig. 4c I bzw. II gezeigten Bohrungen im Landegestell dienen zum Zentrieren der an den Haltelaschen befestigten Zentrierzapfen. Fig. 4c II zeigt, daß bei Verwendung magnetischer Zentrierzapfen die Befestigung von Akkus/Batterien mit magnetisierbarem Eisen- oder Nickel Gehäuse möglich ist.

#### 5. Beschreibung der völligen Integration aller für die in 1., 2. und 3. genannten Funktionen notwendigen Stellglieder und Meß-Bausteine auf eine Platine, die sich zwischen Landegestell und Aufbau klemmen läßt und selbst tragend die Funktionen ausübt

Die völlige Integration von mechanischen und elektronischen Komponenten läßt sich durch Wahl der in 1., 2., 3. und 4. beschriebenen Systeme verwirklichen, indem die dort beschriebenen Spulenkörper, die als Stellglieder und beim Gyro-System auch als Teil eines Meßsystems verwendet werden auf einer wie in Fig. 5a dargestellten Steuerplatine Platz finden. Der in Fig. 5a gezeigte Aufbau besteht aus einem nach unten offenen U-förmigen Rahmen, aus einem in die Konstruktion zu integrierenden aktiven Abschnitt (1) mit Meß- und Stellgliedern und tragender mechanischer Funktion und einem passiven Abschnitt (8) besteht, auf dem ausschließlich elektronische Bauelemente z.B. Mikrocontroller u.ä. angeordnet sind, die zur Auswertung von Meßsignalen und zur Generierung von Steuersignalen aller im Abschnitt 1 angebrachten Komponenten dient. Die beiden Abschnitte 1 und 8 sind über eine flexible Brücke miteinander verbunden, auf der alle zwischen Abschnitt 1 und 8 notwendigen Leiterbahnen verlaufen. Die auf Abschnitt (1) angebrachten elektromechanischen Komponenten sind im einzelnen die Spule zur Auslenkung des Rotor-Verbindungswinkels (3), s. Fig. 1d, Bauteil 6b, die Spule zum Ansteuern des Heckrotoranttriebs (4), s. Fig. 2, Bauteil 5, und die Gyro-Spule zum Messen von Winkelabweichungen und als Stellglied (5), s. auch Fig. 3, Bauteil 4. Abschnitt (1) ist zusätzlich auch wichtiger Teil des mechanischen Aufbaus, indem er den unteren Teil des Aufbaus des Modellhubschraubers darstellt, und eines der Lager für die Hauptrotorwelle enthält (6), s. auch Fig. 1d, Bauteil 15b und über die Zentrierbohrungen/oder Zapfen (2) auf dem in Abschnitt 4 beschriebenen Landegestell befestigt werden kann. Zusätzlich zu den beschriebenen elektromechanischen und mechanischen Komponenten lassen sich auf der Platine wegen des beschränkten Platzangebots auch elektronische Bauelemente platzieren, wie z.B. einen elektronischen Drehzahlmesser (9) zur Bestimmung der Drehzahl des Hauptrotors. Auch ist die völlige Integration aller Bauteile auf Platinenabschnitt (1) denkbar, so daß der passive Abschnitt (8) ganz entfallen kann.

Platine und Aufbau lassen sich in zwei anhand von Fig. 5b beschriebenen einfachen Arbeitsgängen wie folgt bewerkstelligen: an dem in Abschnitt 4 beschriebenen Landegestell wird der Platinenabschnitt (2) befestigt, indem er auf die Zentrierzapfen (4) des Landegestells gelegt/geschoben wird. Danach werden die Haltelaschen (5) des Aufbaus durch Zusammendrücken der Rahmenseiten (6) in die durch Herunterdrücken des Landegestells erweiterten Halterungen (7), s. auch Fig. 4b II, geschoben und nach loslassen in die Haltezapfen (2) eingerastet. Ergebnis dieses Montagevorganges ist eine zwischen Aufbau (3) und Landegestell (1) befestigte und über die Haltezapfen zentrierte Platine. Der verbleibende seitlich überkragende passive Platinenabschnitt, s. Fig. 5a, Bauteil (8) kann zwecks Platzökonomie und Stabilität an der Verbindungsbrücke, s. Fig. 5a, Bauteil (7) an der Verbindungsstelle nach oben geknickt und am Rahmen/Aufbau des Modellhelikopters z.B. mit einem Gummiring befestigt werden.

FIG. 1a

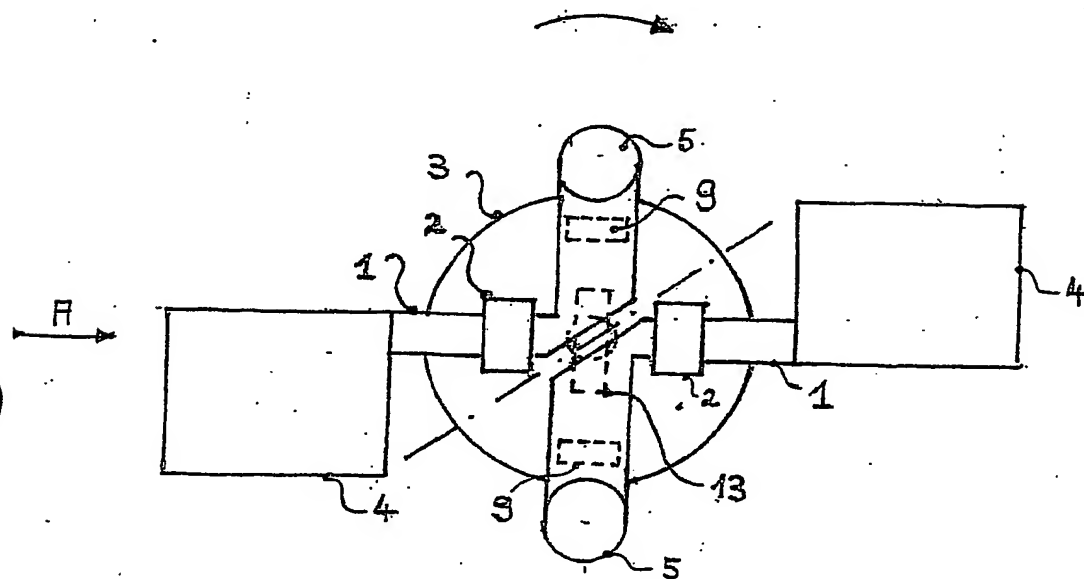
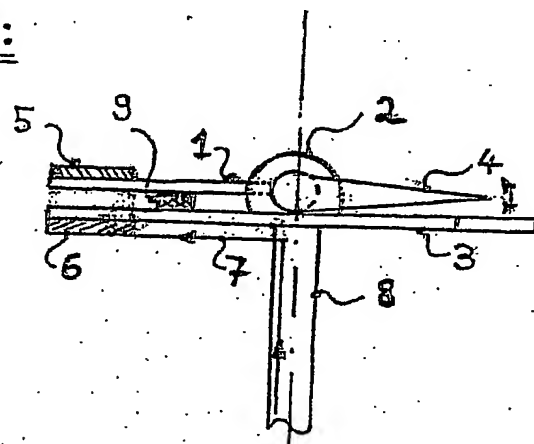
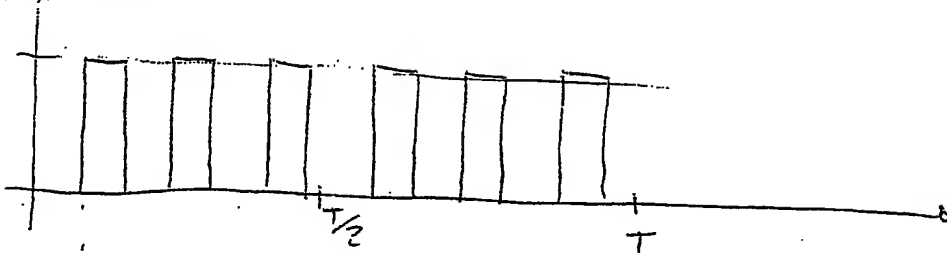
A:



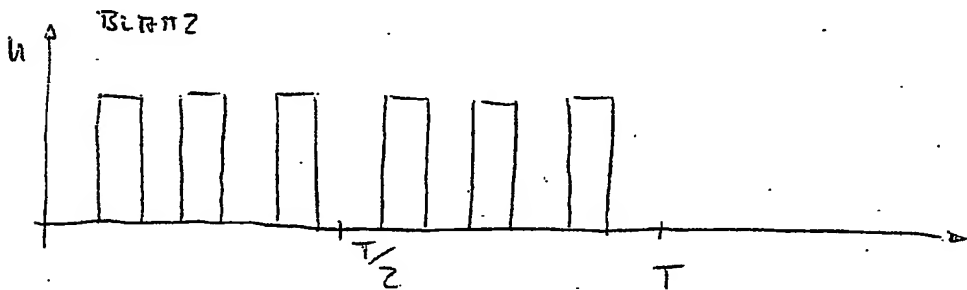
FIG 1b I

PITCH:

BLATT 1

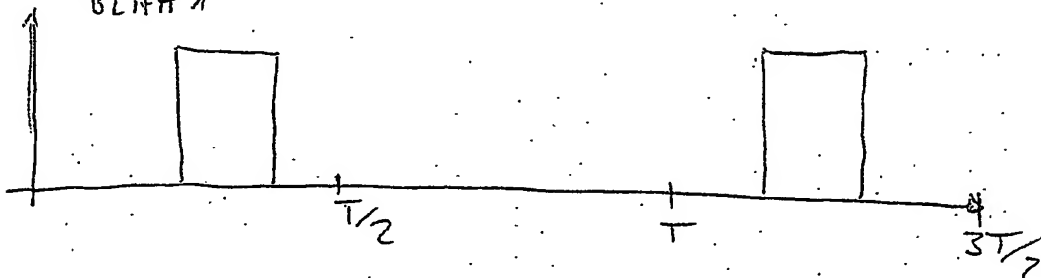


BLATT 2



NICK/ROLL:

BLATT 1



BLATT 2

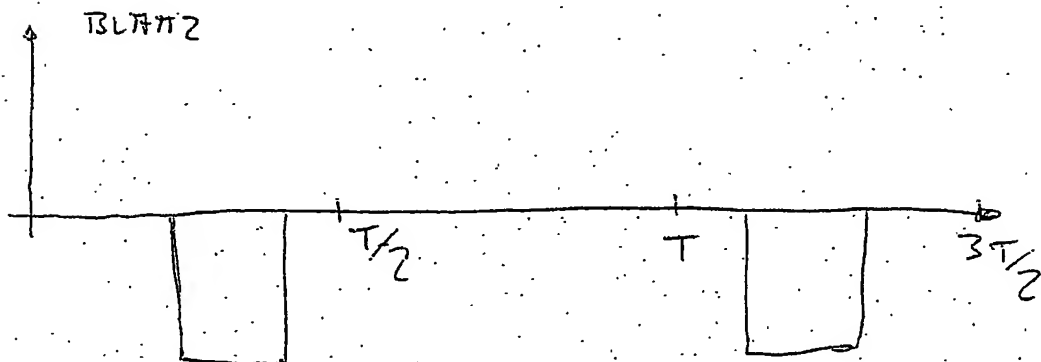


FIG 1b II

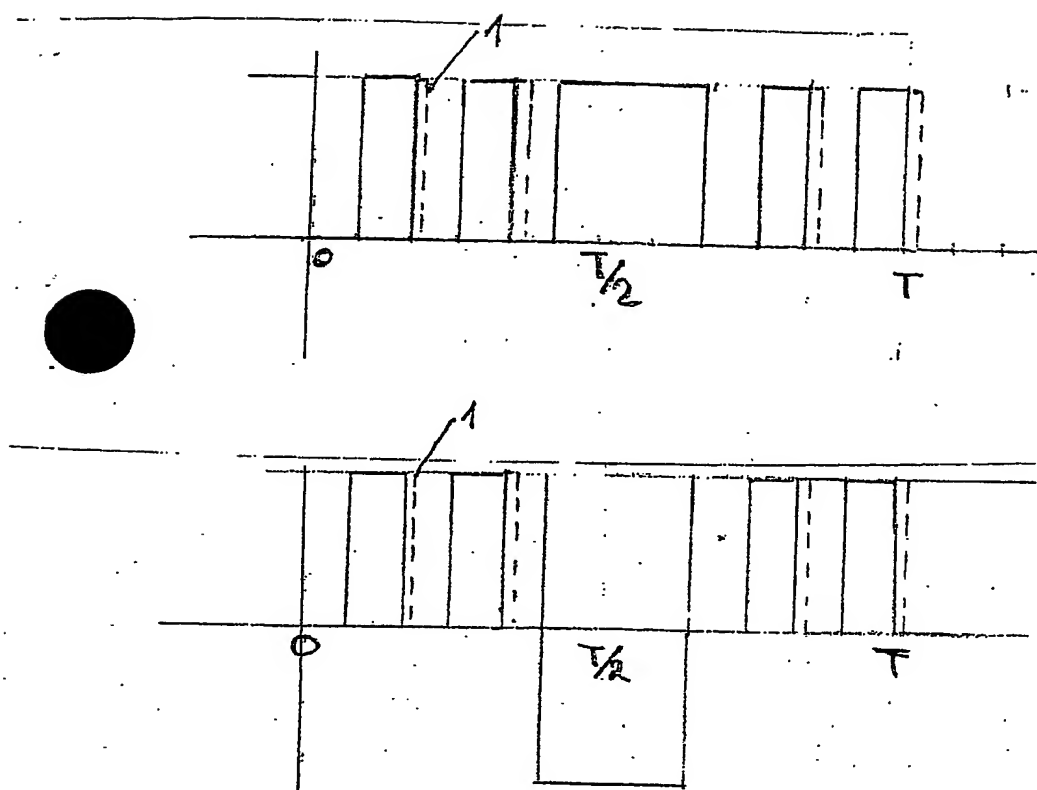


FIG. 1c

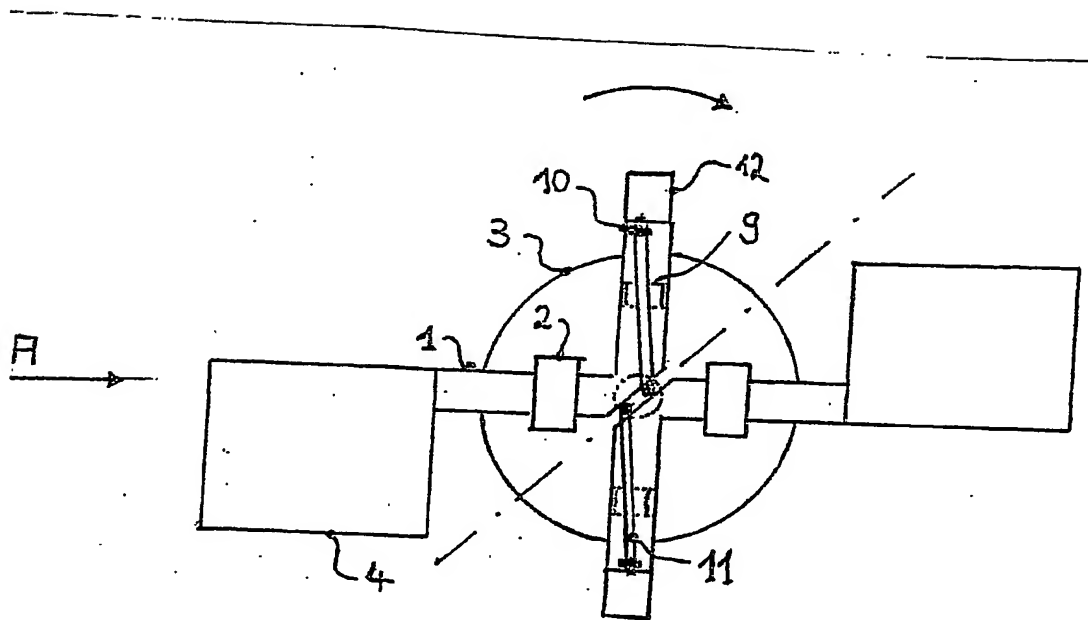
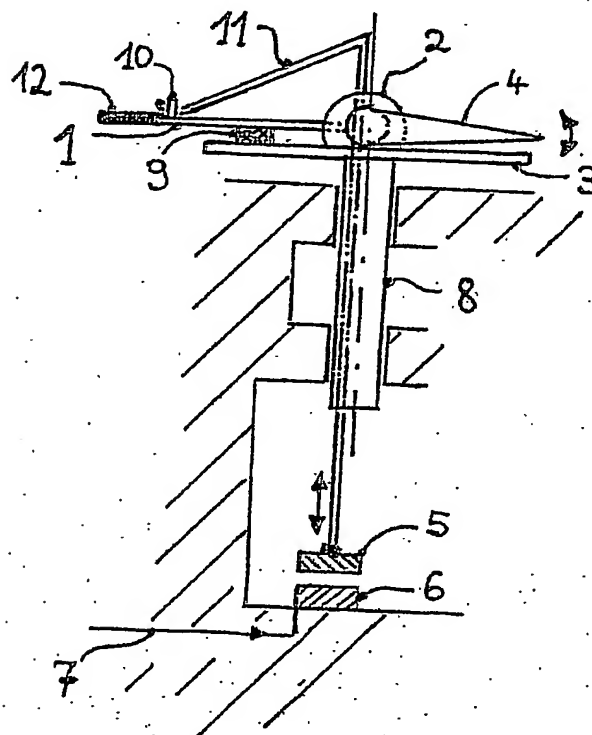
H:

FIG. 1d

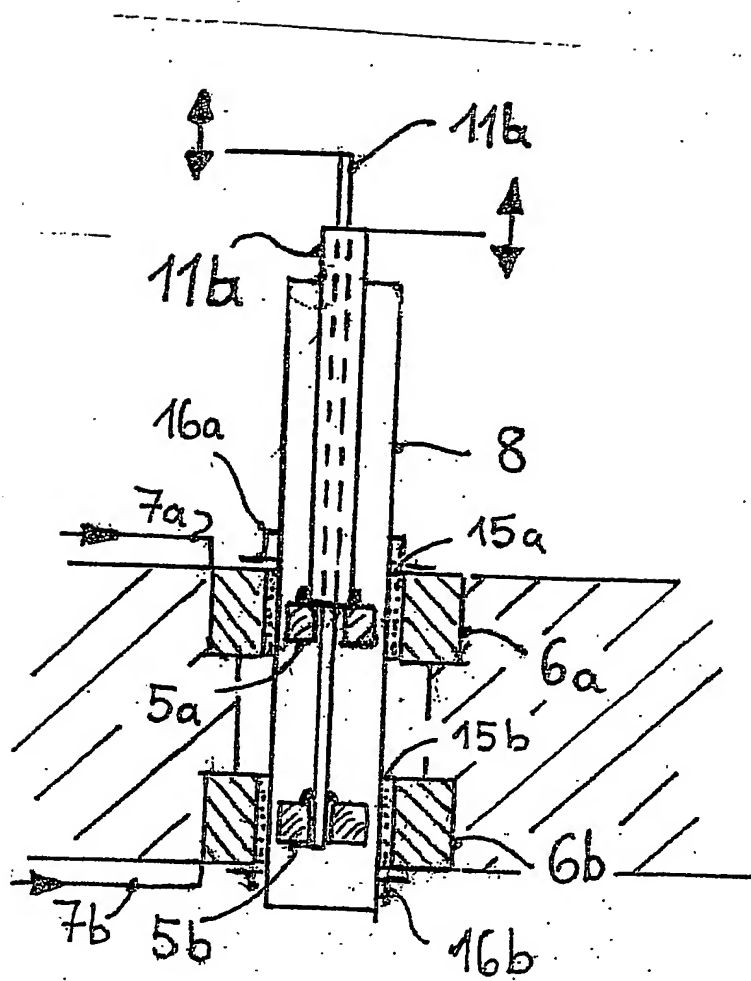


FIG 1e

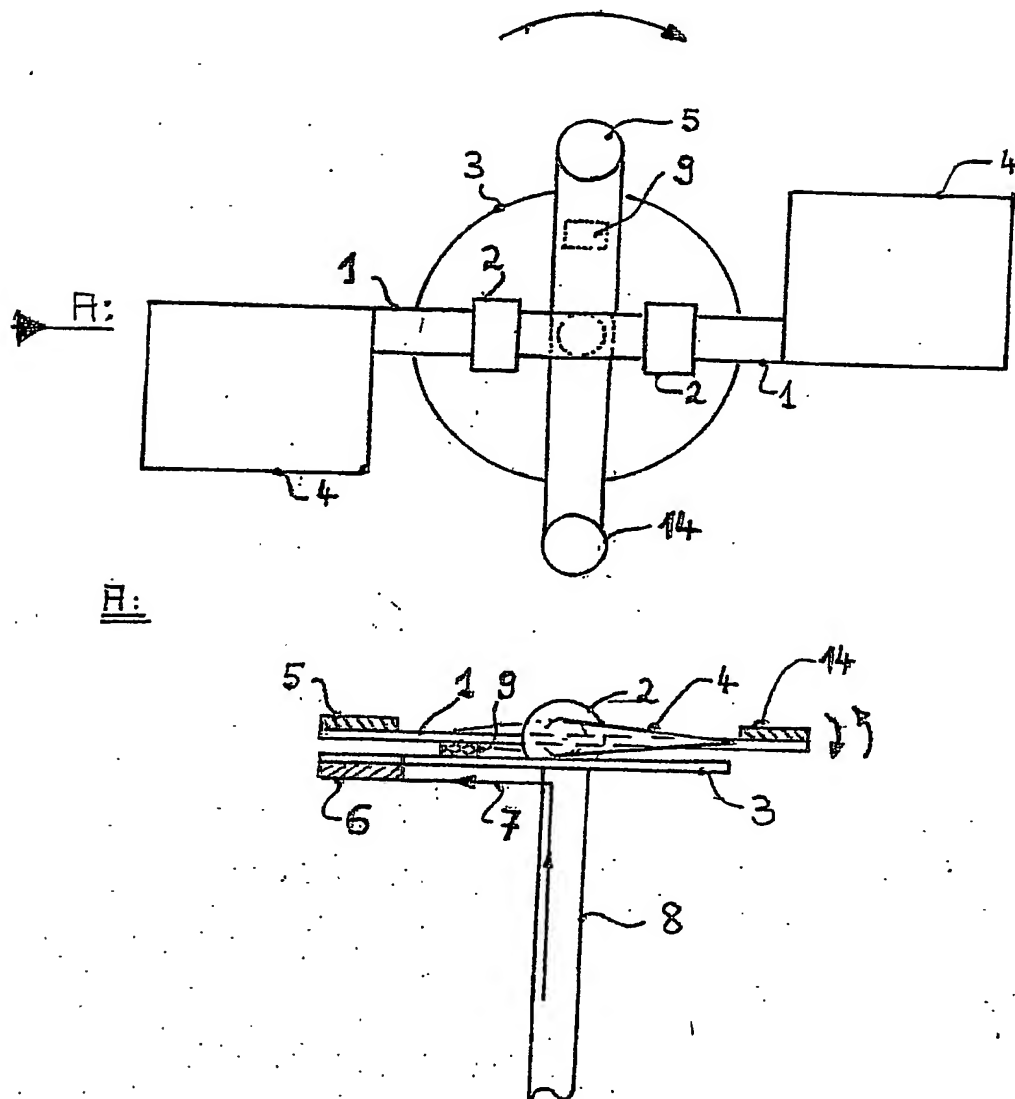


FIG 1f

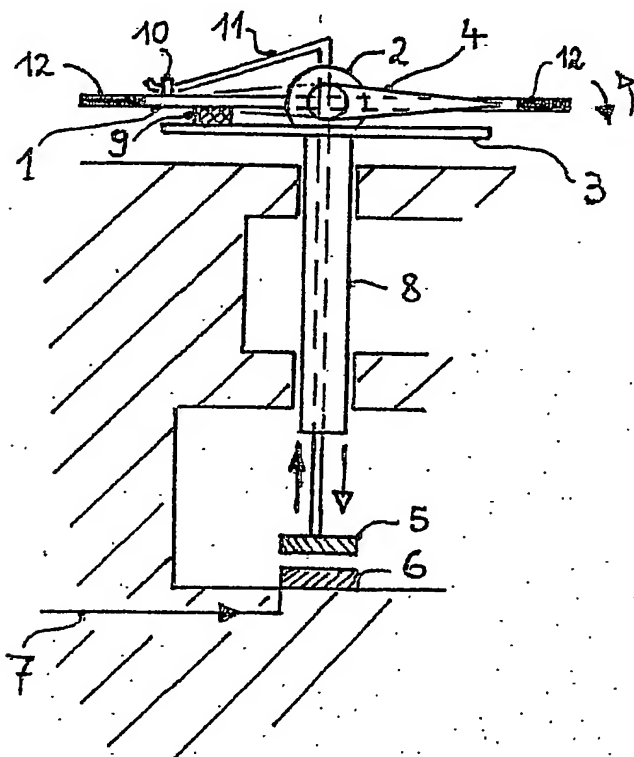
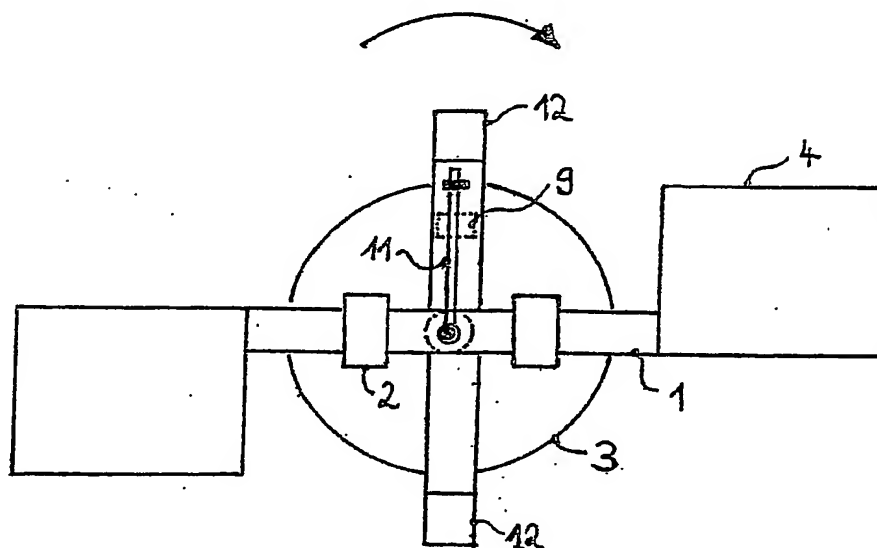


FIG 2

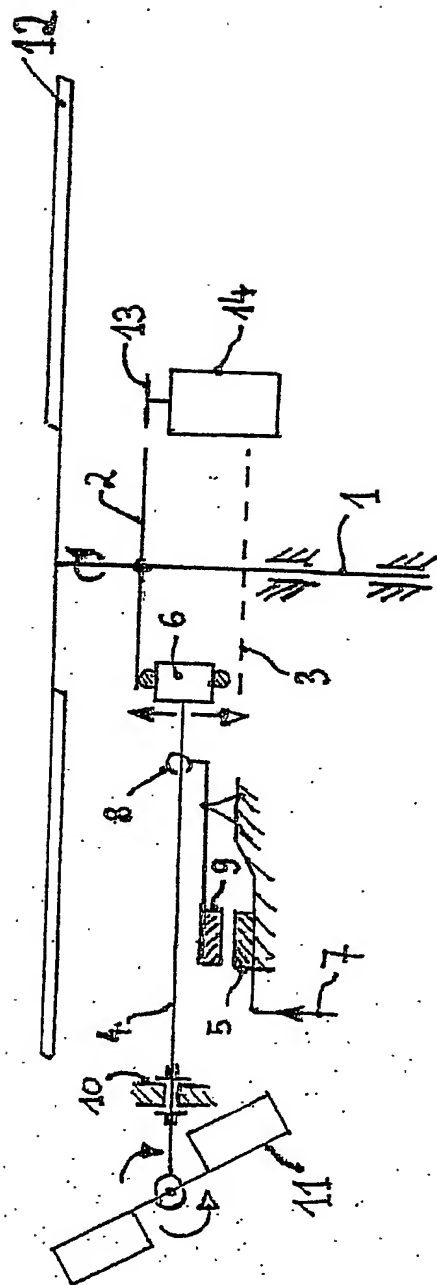


FIG. 3

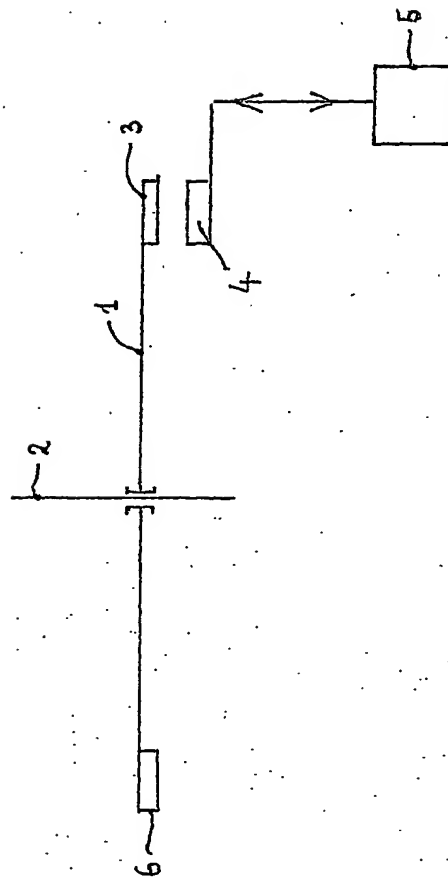




FIG 4a

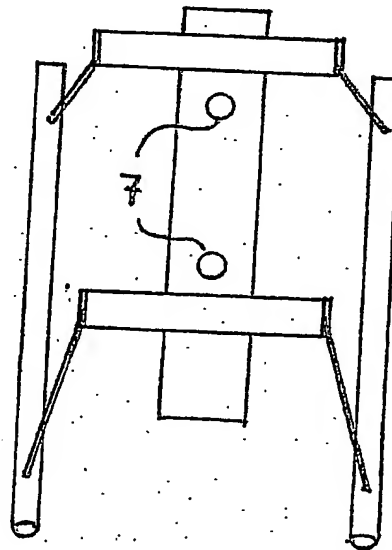
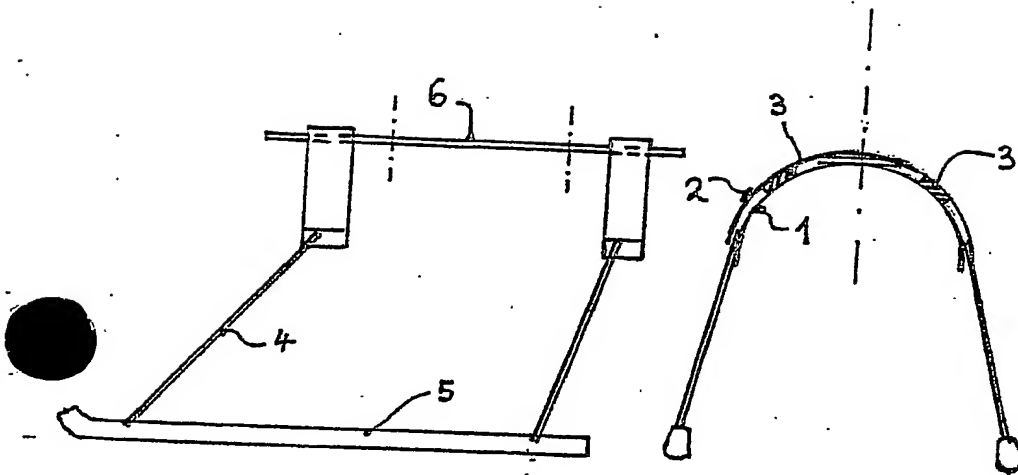
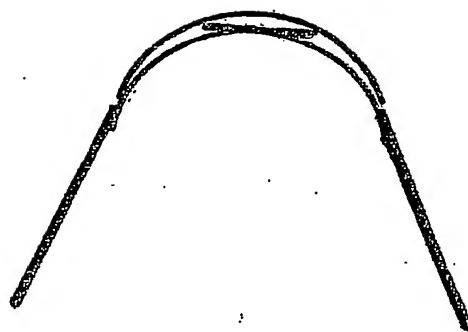
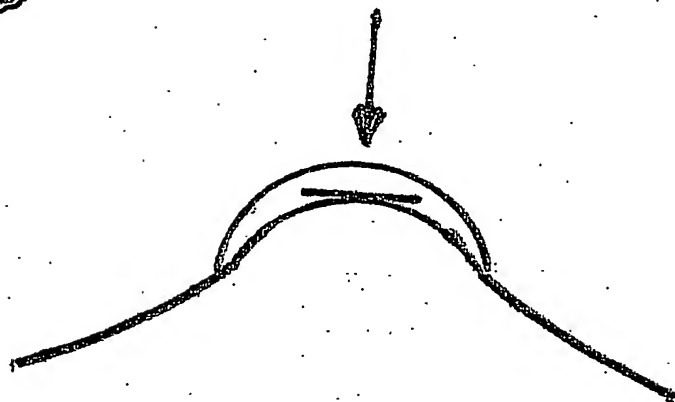


FIG 4b

I

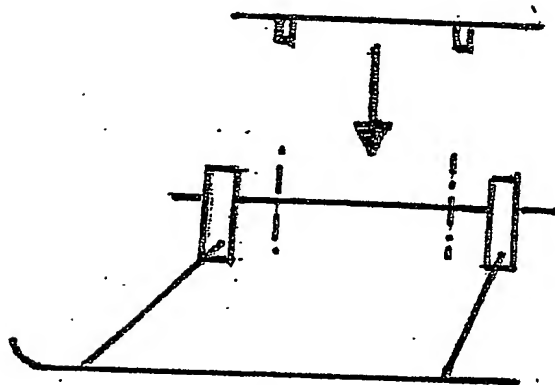


II



~~FIG 4a~~  
FIG 4c

I



II

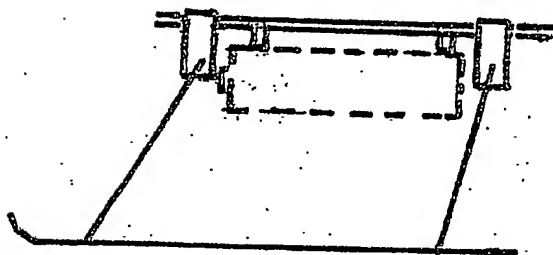


FIG 5a

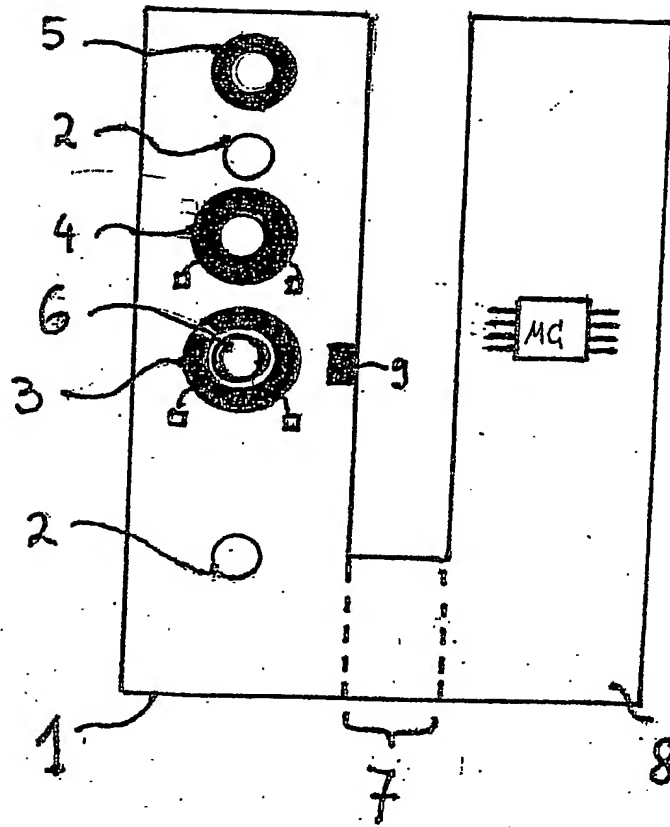


FIG 5b

